

STEM-didactiek in het Kleuter- en het Lager Onderwijs: het PK-model

Peter Dejonckheere, Stephanie Vervaet & Kristof Van de Keere

Samenvatting

Het departement Onderwijs en Vorming van de Vlaamse overheid publiceerde onlangs het STEM-kader (Vlaamse Overheid, 2015) waarin richtlijnen en aanwijzingen beschreven staan voor het organiseren en implementeren van STEM in het basis- en secundair onderwijs. In het verlengde van dit referentiekader, biedt dit manuscript een aantal tools om het STEM-kader te concretiseren voor het onderwijs van de lagere school en de kleuterklas.

In dit artikel wordt een didactiek gepresenteerd, het PK-model, dat kan worden toegepast binnen het STEM-onderwijs en waar een integratie van de verschillende STEM-onderdelen wordt nagestreefd. De didactiek is opgebouwd uit een laag met pijlers en kan worden opgevat als een kader voor de leerkracht. Daarnaast is er een laag met kerncomponenten. Kerncomponenten zijn gedragingen en competenties van kinderen of leerlingen die ontstaan uit de pijlerdynamiek. Ze kunnen worden gebruikt om formatieve evaluaties op te zetten of om STEM-competenties te concretiseren en bij te sturen.

Kernwoorden: STEM-educatie, Didactiek, Probleemgestuurd onderwijs, Onderzoekend leren.

Correspondentie: peter.dejonckheere@vives.be, stephanie.vervaet@vives.be; kristof.vandekeere@vives.be; Katholieke Hogeschool Vives. Beerneemstraat 10. 8700 Tielt.

1 Introductie

De aandacht voor STEM (science, technology, engineering en mathematics) op schools en maatschappelijk vlak is de laatste jaren enorm toegenomen. Dit heeft enerzijds te maken met de nood om meer studenten en jongeren voor STEM gerelateerde richtingen te laten kiezen in het middelbaar en het hoger onderwijs en zodus aan de verzuchtingen van de arbeidsmarkt en de economie te kunnen voldoen. Dit betreft een nationale en een internationale bekommernis. Anderzijds is STEM een antwoord op de nood voor het vormen van 21^{ste} eeuwse competenties. Het zijn de vaardigheden en de eigenschappen waarvan men overtuigd is dat leerlingen ze nodig hebben om succesvol te kunnen functioneren in de toekomstige maatschappij (Cichon & Ellis, 2003). Voorbeelden van dergelijke competenties zijn: creatief handelen, kritisch denken, kunnen omgaan met media,

communiceren, samenwerken, culturele openheid vertonen, onderzoekend ingesteld zijn, enz.

STEM is niet enkel het bieden van meer aandacht voor wetenschap, techniek, wiskunde en ontwerp. STEM is vooral geassocieerd met een verschuiving in de *manier* waarop kinderen en leerlingen leren. Het is een verschuiving van het leren van geïsoleerde losstaande feiten en vaardigheden naar het werken en leren zoals wetenschappers, wiskundigen, ingenieurs en mathematici dat doen, binnen hun werkveld. De focus ligt bij STEM meer op het gebruiken van domeinoverstijgende strategieën, exploratie, onderzoek, het oplossen van problemen en kritisch denken (Asghar, Ellington, Rice, Johnson, & Prime, 2012).

Het blijkt dat wanneer een domeinoverstijgende aanpak wordt gebruikt, leerlingen beter begrijpen waarover het gaat en beter een link kunnen leggen met de levensechte realiteit (Berry, Johnson, & Montgomery, 2005). Door de

Universiteit van Oslo werd in 2010 een grootschalige studie opgezet (de ROSE-studie) waarin jongeren over de gehele wereld onder andere hun mening werd gevraagd over lessen wetenschappen op school (Sjoberg & Schreiner, 2010). De resultaten gaven aan dat Europese jongeren weinig interesse hebben voor wetenschappen en dat wetenschappen zoals gegeven op school hen geen inzicht biedt in het belang ervan voor de maatschappij.

Een aanpak is dat de grenzen tussen de verschillende STEM-disciplines vervagen en dat de focus komt te liggen op een ervaring, problem solving en exploratie. STEM wordt dan in tegenstelling tot andere leerinhouden of leergebieden, interdisciplinair én toegepast.

Tal van studies doet aanbevelingen voor STEM in de praktijk (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012). Zemelman, Daniels en Hyde bijvoorbeeld, stellen 10 belangrijke richtlijnen op die kunnen bijdragen tot het opbouwen van STEM geletterdheid (Zemelman, Daniels, & Hyde, 2005): 1) het gebruik van hands-on learning, 2) het inzetten van samenwerkend leren, 3) het stimuleren van discussie en onderzoek, 4) leerlingen vragen laten stellen en veronderstellingen laten maken, 5) leerlingen hun stellingen laten verantwoorden en hen laten nadenken, 6) leerlingen laten reflecteren, 7) focussen op problem solving, 8) integreren van technologie, 9) de leerkracht laten optreden als bemiddelaar en begeleider en 10) evaluaties doen die onderdeel zijn van de STEM-begeleiding. Andere onderzoekers benadrukken het belang van mentale voorstellingen met een bijzondere aandacht voor het corrigeren van misconcepties (Walker, 2007). Een voorbeeld van een misconceptie bij jonge kinderen is dat zij de aarde vaak voorstellen als een bol met *daarin* mensen, dieren, wolken, enz. (Vosniadou & Brewer, 1992). Een ander voorbeeld is dat kinderen en leerlingen vaak denken dat het vermenigvuldigen van twee getallen steeds een groter getal oplevert. Een STEM-aanpak kan hier kinderen bewuster maken door hen te confronteren met de resultaten van eigen onderzoek en eigen vaststellingen.

Ook de aanpak omtrent *big ideas* (Harlen, 2010) is bekommerd om het feit dat leerlingen, de leerinhouden te gefragmenteerd zien (en ervaren) en het verband niet meer zien tussen de leerinhouden, zowel binnen als tussen de verschillende leerdomeinen (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013). Neem bijvoorbeeld de kringloop van water. Onder deze gedachte zitten tal van ervaringen en waarnemingen zoals verdamping, stroming, debiet, klimaat, enz. Een leerkracht die vertrekt vanuit een *big idea*, legt dus niet de nadruk op abstracte losse definities en proeven maar

veeleer op inzicht, context en samenhang. De voedselketen en het ecosysteem zijn nog andere voorbeelden. Het is dus eerder iets thematisch.

2 STEM herkennen

Wanneer spreekt men over goed STEM-onderwijs? Dit is een moeilijk te beantwoorden vraag. Dit heeft vooral te maken met het feit dat een voortdurende dynamische interactie tussen factoren, de kwaliteit van een activiteit bepalen. De leerkracht, de didactiek, de lesinhouden, de klas- en schoolcontext enz. spelen een rol. Het ligt buiten de doelstellingen van het huidige artikel om deze dynamiek in zijn geheel te onderzoeken. Wellicht is het interessanter om richtlijnen te bieden die de leerkracht in staat stellen om te bepalen wanneer men kan spreken van een onderzoekende aanpak, of de aanpak een effect kan hebben op de motivatie van leerlingen en kinderen en in welke mate componenten van STEM al dan niet aanwezig zijn. In Tabel 1 wordt voor elk STEM-onderdeel een aantal suggesties gegeven voor een kritische reflectie.

3 Het PK-Model

Niettegenstaande vele instanties de noodzaak van STEM in het onderwijs erkennen, is het niet steeds duidelijk hoe de verschillende STEM-onderdelen: wiskunde, wetenschap, techniek en ontwerp, kunnen worden geïntegreerd in één interdisciplinaire, vakoverschrijdende aanpak (English & King, 2015). Hiervoor is een concrete didactiek met concrete richtlijnen noodzakelijk. Zo'n didactiek kan aangeven op welke manier STEM de bovengestelde 21ste eeuwse competenties kan stimuleren. Het PK-model, zoals verder beschreven, probeert een antwoord te formuleren op deze onduidelijkheden.

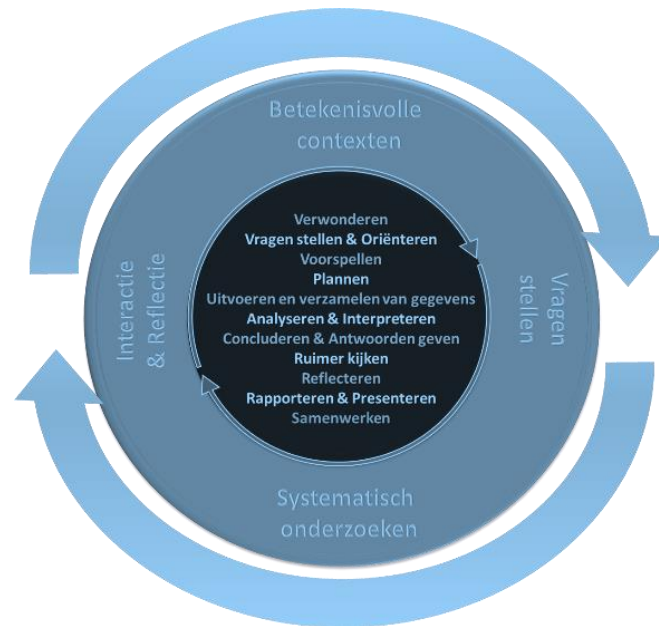
Het PK-model (zie Figuur 1) is een didactiek voor STEM met als bedoeling een kader te creëren om het ontwerpen van STEM-activiteiten in de klas vorm te geven en zowel een aantal interne als externe belemmeringen bij de leerkracht weg te nemen (Asghar, Ellington, Rice, Johnson, & Prime, 2012). Interne belemmeringen zijn bijvoorbeeld onvoldoende inhoudelijke kennis met betrekking tot STEM, het missen van bepaalde STEM-vaardigheden, negatieve attitudes ten aanzien van STEM, enz. Externe belemmeringen zijn bijvoorbeeld tijdsgebrek, een tekort aan materialen en een tekort aan praktische lesmethodes om STEM effectief te realiseren in de klas of op school.

Het PK-model is opgebouwd uit twee lagen. Een eerste laag met pijlers en daarbovenop een tweede laag met kerncomponenten. Pijlers zijn richtlijnen voor de leerkracht, het zijn de fundamenteen waarop men de STEM-aanpak laat steunen. De pijlers zijn 1) een betekenisvolle context, 2) vragen stellen die aanzetten tot nadenken en actie, 3) systematisch onderzoek en 4) interactie en reflectie. De tweede laag van het PK-model betreft de laag met kerncomponenten. Kerncomponenten zijn gedragingen en competenties bij het kind of de leerling die men kan observeren en die ontstaan uit de activiteit gedragen door de vier pijlers. Het zijn de gedragingen die we als leerkracht

willen stimuleren, ze sluiten aan bij de competenties van de 21^{ste} eeuw. De lijst van kerncomponenten kan nooit volledig zijn omdat elke vaardigheid die het kind bezit of gebruikt op een of andere manier een bijdrage kan leveren aan het oplossen van een probleem. Echter de belangrijkste kerncomponenten werden opgenomen binnen het PK-model: verwonderen, vragen stellen en oriënteren, voorspellen, plannen, uitvoeren en verzamelen van gegevens, analyseren en interpreteren, concluderen en antwoorden geven, ruimer kijken, reflecteren, rapporteren en presenteren, samenwerken.

Tabel1: Overzicht van de STEM-onderdelen met vragen ter reflectie.

	Vragen ter reflectie
Science	<ul style="list-style-type: none"> • In welke mate is de activiteit gericht op wetenschappelijke concepten en inzichten? • In welke mate stimuleert de activiteit onderzoeksvaardigheden? • In welke mate stimuleert de activiteit materialenkennis bij het kind of de leerling?
Technology (breder dan louter technologie)	<ul style="list-style-type: none"> • In welke mate komen kinderen en leerlingen in aanraking met diverse materialen en grondstoffen? • In welke mate is er een mogelijkheid tot monteren, demonteren, bouwen, enz.? • In welke mate worden technische systemen gebruikt als middel (bv een digitaal fototoestel gebruiken om een ontwerp in beeld te brengen en beter te kunnen evalueren, een tablet-pc gebruiken, een camera hanteren enz.). • In welke mate wordt apparatuur ingezet als middel (bv een elektronische multimeter, een lasermeter, machines, enz.)? • In welke mate is het aflezen van een stappenplan/werkplan/handleiding interessant om een resultaat te bereiken?
Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • In welke mate krijgen kinderen en leerlingen de kans om een ontwerp te realiseren of uit te tekenen? • In welke mate krijgen kinderen de kans om een ontwerp te testen en bij te sturen?
Mathematics	<ul style="list-style-type: none"> • In welke mate krijgen kinderen of leerlingen de kans om wiskundige concepten toe te passen? • In welke mate worden relaties wiskundig uitgedrukt (een model maken, meten, grafieken tekenen, tabellen opmaken, tabellen invullen, enz.)? • In welke mate komen wiskundige berekeningen toegepast aan bod: schaalberekening, oppervlakteberekening, tellen, delen, splitsen, rangordenen, sorteren, categoriseren, enz.?



Figuur 1: Het PK-model met pijlers en kerncomponenten

3.1 Pijlers van onderzoekend leren

3.1.1 Pijler 1: Betekenisvolle Contexten

Zin van een context

STEM start met het bepalen of het ontwerpen van een zinvolle context. Dit kan zijn: een verhaal, een demonstratie, een in het oog springende proef, een resultaat, een krantenartikel, een gebeurtenis, een vraag van het kind zelf, enz. In het kleuteronderwijs kan deze context aansluiten bij een lopend belangstellingscentrum. De eerste pijler verwijst dus naar het belang van contextgericht onderwijs. Contexten leggen verbanden tussen ideeën/principes/gedachten en de werkelijkheid of ze leggen verbanden tussen ideeën, gedachten en principes onderling. Een voor het kind betekenisvolle context is vaak een aanzet tot verwondering en interesse voor wat zich rondom hem of haar afspeelt. Een context maakt de leerinhoud minder abstract en biedt garanties om mentale voorstellingen op te bouwen en een transfer naar andere leerdomeinen te stimuleren of te vergemakkelijken. Uit onderzoek is gebleken dat wanneer leerkrachten een betekenisvolle context gebruiken in hun lessen of activiteiten, dit vaker leidt tot een verhoogde betrokkenheid en motivatie van de leerlingen (European Commission, 2012). Echter een gepaste context vinden is niet steeds evident. Men kan over het algemeen stellen dat hoe moeilijker en abstracter de leerinhouden zijn, hoe moeilijker het is om een goede context te vinden (Lester, Ma,

Lee, & Lambert, 2006). Het ligt bijvoorbeeld meer voor de hand om een goede context te vinden voor het maken van sommen dan voor het vermenigvuldigen van kommagetallen.

Wanneer men streeft naar geïntegreerd STEM-onderwijs (dit is S-T-E-M samen aanbieden), dan stelt dit probleem zich minder of helemaal niet. STEM-integratie heeft sowieso een sterk contextgericht karakter (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013). Men gebruikt dan bijvoorbeeld techniek, wetenschappen en ontwerp om het rekenen met kommagetallen beter te begrijpen. De techniek, het wetenschappelijk concept en het ontwerpen bieden dan de context in dit geval.

Contexten en verwondering

Een goede context creëert verwondering. Dit betekent niet dat verwondering steeds het beginpunt moet zijn in een proces van onderzoekend leren. Nieuwe of hernieuwde verwondering kan ook tijdens de activiteit ontstaan of zelfs nadien.

Soms kan zelfs een verwonderingsproef als context dienen.

Voorbeeld

- Kinderen gaan vaak redeneren conform het principe van Aristoteles: voorwerpen die zwaarder zijn, vallen sneller. De test is vrij eenvoudig: men neemt een veer en men neemt een steen en beiden worden op hetzelfde moment van eenzelfde hoogte (bv uit het raam van de eerste verdieping)

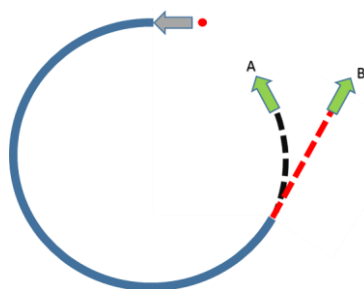
naar beneden geworpen. De test bevestigt de theorie. Echter, wanneer de proef wordt overgedaan met twee stenen met een verschillend gewicht, dan zijn de verschillen bij het vallen niet meer waarneembaar en komt de theorie in gedrang (Eshach & Fried, 2005) (Dejonckheere, Van de Keere, Tallir, & Vervaeke, 2013). Zo'n context met een proef kan hier een start zijn om onderzoekend leren te prikkelen, nieuwe onderzoeksvragen te stellen en leerlingen actief aan de slag te laten gaan.

Contexten kunnen concepten blootleggen

Met een concept bedoelt men een idee, een inzicht, een principe of een gedachte. Concepten zijn in principe abstract. Voorbeelden zijn: gewicht, versnelling, een deling, dichtheid, een denkproces, groei, enz. Wanneer concepten niet gelinkt zijn aan of ontdekt worden uit concrete ervaringen, dan blijft conceptueel inzicht vaak achterwege (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013). Maak een onderscheid tussen concepten en preconcepten. Preconcepten zijn voorlopers van concepten. Het zijn de voorstellingen die het kind (of soms ook de volwassene) opbouwt vanuit intuïtie of opgedane ervaringen maar die botsen met de huidige wetenschappelijke overtuigingen of bevindingen. Preconcepten worden ook wel misconcepties genoemd.

Voorbeelden

- Jonge kinderen tekenen de aarde vaak als een platte schijf of een bol *waarin* mensen en dieren wonen.
- Denken dat gekoppelde tandwielen altijd in dezelfde richting draaien.
- Denken dat wanneer een voorwerp dat afgeschoten wordt uit een kromme buis, verder een kromme baan zal volgen (Bianchi & Savardi, 2014) (zie Figuur 2).



Figuur 2: Volgt het object, traject A of traject B?

Het is normaal dat kinderen (en volwassenen) over fenomenen die niet goed waarneembaar zijn, misconcepties ontwikkelen. Een gevolg daarvan is dat misconcepties over het functioneren van het eigen lichaam minder snel ontstaan vergeleken met kennis rond fysische wetmatigheden, sociale wetmatigheden, wiskundige inzichten en technologische principes. Een rol van STEM is om deze misconcepties bloot te leggen en *conceptuele verandering* te stimuleren (Carey, 1985). Vooral het variëren van de context waarin een activiteit plaatsvindt, zal *conceptual change* aanmoedigen.

Een goede context effent het pad om moeilijk uitlegbare concepten aan te boren. Neem nu het gemiddelde, een wiskundig concept. Het gemiddelde is een verhouding van de som van de scores ten aanzien van het aantal opgenomen scores. Door deze verhouding krijgt het gemiddelde een graad van abstractie en dus moeilijk uit te leggen aan een kind van bijvoorbeeld 10 jaar. Vaak zien we dan dat kinderen het gemiddelde leren berekenen los van een context: men past een formule toe, een algoritme, zonder de precieze betekenis ervan te kennen. Transfer naar andere leergebieden, is dan nagenoeg onbestaande. Echter, wanneer de berekening van het gemiddelde wordt gebruikt om een reëel probleem op te lossen, in een reële context, dan geeft de context *betekenis* aan het gemiddelde. Hierna volgen nog twee andere voorbeelden.

Voorbeelden

- Een groepje kinderen wil speelgoed ontwerpen. Er wordt voorgesteld om een katapult te maken met als bedoeling zo ver als mogelijk papieren propjes af te schieten. Bij het testen van het ontwerp ziet men dat de proppenschiet niet steeds even ver schiet. Er wordt gezocht naar een manier om toch de schietafstand te bepalen. Daarom wordt de gemiddelde schietafstand berekend voor 5 pogingen.
- Stel dat een groepje 11-jarige leerlingen een drijvende boot wil bouwen met allerlei materialen ter beschikking. Op een bepaald moment ondervinden de kinderen dat het gewicht van een voorwerp én de grootte van een voorwerp samen bepalen of iets drijft of zinkt. Meer zelfs, men komt tot de vaststelling dat het de verhouding is die bepaalt of iets drijft of zinkt. Dichtheid is het label dat we geven voor deze ervaring. Het concept is op dat moment betekenisvol en heeft actie en ervaring als basis.

Concept cartoons

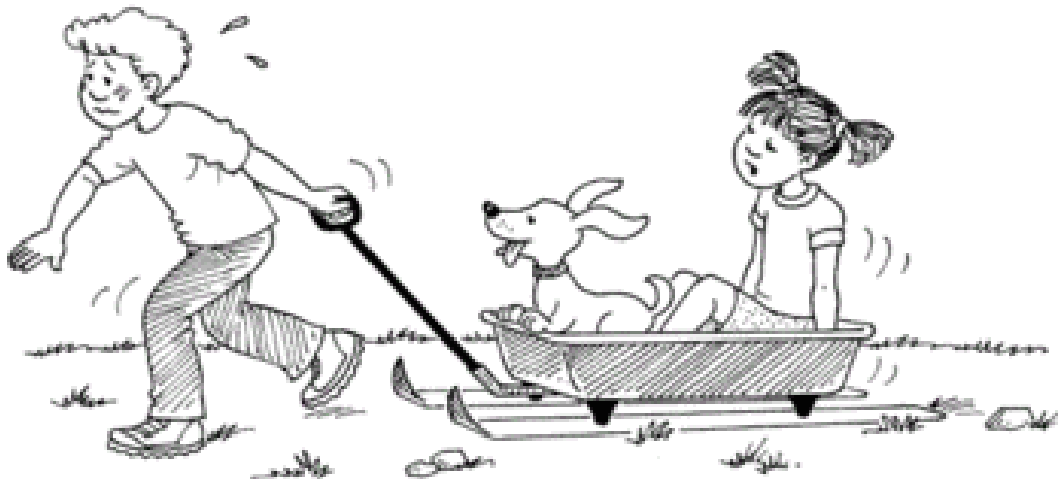
Een context kan ook worden aangeleverd door een concept cartoon. Een concept cartoon is een eenvoudige afbeelding of een reeks van afbeeldingen, een verhaal of een situatie, waarbij een concept visueel wordt aangereikt. Een voorbeeld van een concept cartoon wordt weergegeven in Figuur 3. Een cartoon legt een verbinding tussen een moeilijk uit te leggen concept en de werkelijkheid. De wetenschappelijke concepten die in Figuur 3 aan de oppervlakte komen zijn onder andere wrijving, gewicht en trekkracht.

Contexten bedenken

Het creëren en het bedenken van een goede context om de toegang tot concepten en inzichten te stimuleren is, niet steeds gemakkelijk. Vooral omdat de context goed moet aansluiten bij het ontwikkelingsniveau van het kind en dit kan voor twee kinderen van eenzelfde klas sterk verschillen. De nood aan een goede context komt nog meer naar voor bij kinderen die het op schools vlak moeilijk hebben. Ze hebben vaak problemen met vragen stellen, vragen begrijpen, plannen, richtlijnen van de leerkracht opvolgen,

aandachtig blijven, logisch redeneren, concluderen en bevindingen transfereren naar andere domeinen (Dalton, Morocco, Tivnan, & Mead, 1997). Het zijn nu net deze kwaliteiten die men wil versterken binnen STEM.

Of contexten steeds maatschappelijk relevant moeten zijn is een terechte vraag. Binnen het principe van *Human Centered Design* wordt een sterke nadruk gelegd op maatschappelijke relevantie in het proces van onderzoekend leren. Dit is zo omdat de aandacht sterk gericht is op het menselijke aspect: wat wil de gebruiker? Wil de gebruiker een fietslicht dat automatisch aanklikt bij donker? Wil de gebruiker afval sorteren en een nette speelplaats? Wil de gebruiker een veilige verkeerssituatie op dat specifieke kruispunt? enz. De noden van de gebruiker samen met de beperkingen (*constraints*) zoals tijdslimieten, beperkte budgetten enz., zijn hier duidelijk een basis in het ontwikkeltraject. Een zinvolle doelstelling in STEM is zonder meer te zoeken naar manieren om kinderen en jongeren aan te zetten tot het ontwerpen van producten, diensten of systemen en waarbij ze via onderzoek en data-verzameling tot inzichten en optimaal ontwerp kunnen komen.



Figuur 3: Voorbeeld van een concept cartoon (Grade 5 Science-Physical Science 2, 2016)

3.1.2 Pijler 2: Denk- en doe-vragen

De onderzoeksvraag

Eens een zinvolle context is afgebakend en een mate van verwondering en interesse is ontstaan bij het kind of de leerling, kan men gericht vragen stellen. Hier gaat het om leerlingen vragen te stellen die aanzetten tot denken, probleemoplossend gedrag en onderzoek. Belangrijk is dat men vanuit de omschreven context, een concrete maar *open-ended* probleemstelling of onderzoeksvraag formuleert. Hoe-vragen en wat-als-vragen zijn een goede richtlijn. Deze vragen zetten aan tot denken en bieden direct een mogelijkheid tot actie en onderzoek.

Voorbeelden

- Wat gebeurt er met de groei van een plantje als je weinig voedsel geeft?
- Hoe kan je een zo hoog als mogelijke toren bouwen met dit materiaal, zonder dat hij omvalt?

Doordat de vraag heel concreet is, gaan kinderen onmiddellijk aandacht hebben voor de probleemstelling en zelfs reeds een aantal pasklare antwoorden kunnen formuleren. Ook hier kunnen misconcepties aan de oppervlakte komen. Belangrijk is om kinderen actief te laten nadenken en hun ideeën snel te laten toetsen of uitproberen in de praktijk.

Voorbeeld

- Hoe kan je een ei laten vallen vanop een hoogte zonder dat het breekt? Een kind kan aangeven om het ei te laten vallen in een emmer water. Die test lukt, maar niet altijd, omdat het lastig mikken is om het ei precies in de emmer te laten vallen en niet op de rand of ernaast, zeker vanop grotere hoogtes. Door de begeleidende vraagstelling van de leerkracht kunnen kinderen nieuwe stappen zetten in het proces en eventueel zelf nieuwe onderzoeksvragen formuleren.



Wat-als-vragen

Vragen die aanzetten tot het onderzoeken van eigenschappen of variabelen zijn vooral *wat-als-vragen*. Dit kunnen eveneens goede voorbeelden van onderzoeksvragen zijn.

Voorbeelden

- Wat gebeurt er met brood als we minder gist gebruiken?
- Wat gebeurt er met een balans wanneer je meer naar het midden gaat zitten?
- Wat gebeurt er met je schaduw als je dichterbij een lamp gaat staan?

Dergelijke vragen zetten aan tot actie en geven het kind de mogelijkheid om een variabele of een eigenschap te *manipuleren* of te veranderen. In het eerste voorbeeld is dit de *hoeveelheid gist*, in het tweede voorbeeld is dit de *afstand*. In het derde voorbeeld kunnen kinderen dichterbij en verder gaan staan bij een lamp om te zien wat het effect is van die handeling. Dit is denken in termen van oorzaken en gevolgen of *causaal redeneren*.

Waarom-vragen

Waarom-vragen zijn zinvol om het probleemoplossend proces te sturen. De vragen zijn gericht op de handeling die het kind stelt en op de redenering die het kind volgt.

Voorbeelden

- Waarom zet je de lamp hier?
- Waarom sta je zo ver? enz.
- Waarom wil je dit onderzoeken?
- Waarom wil je dit doen?
- Waarom heb je dit zo getekend?

Waarom-vragen kunnen ook gericht zijn op *kennis*. Deze vragen zetten minder aan (of niet) tot redeneren en probleemoplossend gedrag, ze zijn eerder gericht op het geven of vinden van verklaringen. Het gevaar bij het stellen van kennisgerichte waarom-vragen is dat men bij jonge kinderen al snel uitmondte bij concepten en begrippen die als leerkracht moeilijk uit te leggen zijn of waarbij de uitleg niet geschikt is voor de leeftijdsgroep. Kennis-georiënteerde waarom-vragen zijn niet fout, maar men moet begrijpen welk gedrag ze uitlokken en of dit gedrag al dan niet gewenst is.

Voorbeelden

- Waarom is er schaduw?
- Waarom groeien plantjes sneller in het licht?
- Waarom hebben regenbogen kleuren?
- Waarom is de hemel blauw?
- Waarom kookt water op 100 graden?

Wikken en Wegen

Vragen stellen om een onderzoeksactiviteit onderzoekend te laten gebeuren vergt van de leerkracht een continu wikken en wegen van wat geef ik prijs en wat niet. Geeft men te veel suggesties, dan verzwakt het initiatief van de kinderen door een gebrek aan autonomie en zelfsturing. Geeft men te weinig feedback, dan kunnen kinderen mogelijk te veel moeilijkheden ervaren. Beide situaties leiden tot motivatieverlies al is de oorzaak duidelijk verschillend. Bij jonge kinderen of bij moeilijke onderzoeksvragen is het aangewezen om het bedenken van oplossingen niet te lang te laten aanslepen en het kind aan te moedigen om snel iets te proberen. Men kan immers stellen dat hoe jonger het kind is, hoe meer het voordeel haalt uit trial-and-error (iets proberen en zien wat het oplevert). Naarmate het kind ouder wordt, kan denken en voorspellen gemakkelijker de test en de uitvoering voorafgaan (door bijvoorbeeld voorspellingen te doen of een ontwerp te schetsen).



Probleemoplossend denken is een complexe opdracht, zeker voor kinderen met leermoeilijkheden. Zwakkere kinderen kunnen soms gebaat zijn met meer expliciete instructies en meer begeleiding of structuur (McCleery & Tindal, 1999) (Dejonckheere, Van de Keere, Tallir, & Vervaeke, 2013) (de leerkracht geeft dan meer aanwijzingen) om voldoende succeservaringen te kunnen garanderen. Gestructureerd werken omvat 1) het aanmoedigen van kinderen om een probleemstelling te verwoorden en te herhalen (dat ze goed weten wat de bedoeling is), 2) hen laten formuleren hoe ze dit gaan aanpakken (even vooruitblikken en afremmen van impulsiviteit), 3) hen voldoende vertrouwen geven om dingen uit te proberen en 4) hen kansen geven om terug te

blikken en kritisch te zijn voor het resultaat. Leerkrachten kunnen deze structuur beklemtonen doorheen de gehele STEM-activiteit. Het is voor de leerkracht hoe dan ook een continue evenwichtsoefening. Hoe ervaringsgericht een activiteit ook mag zijn, als kinderen aanbotsen tegen cognitieve beperkingen en weinig succeservaringen kunnen beleven ten aanzien van hun medeleerlingen mist de STEM-educatie zonder twijfel zijn doel.

3.1.3 Pijler 3: Systematisch onderzoeken

Een systeem gebruiken

De pijler systematisch onderzoeken omvat 1) het verzamelen van gegevens, 2) het analyseren en interpreteren van gegevens en 3) het evalueren van gegevens. Systematisch onderzoek is niet vanzelfsprekend. Begeleiding is meestal nodig.

Voorbeelden

- Een groep 10-jarige kinderen bouwt een wagentje met daarop een ballon (Zie Figuur 4). Wanneer een wasknijper van de ballon wordt weggehaald moet het wagentje zelfstandig kunnen rijden. De kinderen hebben goed gewerkt aan het ontwerp maar stellen nu vast dat de ballonwagen schuin rijdt doordat de wielen scheef staan. Als leerkracht kan men aangeven dat het ontwerp moet worden bijgesteld en dat het best is om *enkel* het wiel bij te stellen en niet nog andere dingen tegelijkertijd. De test na aanpassing zal op die manier informatie geven of de montage van het wiel effectief de boosdoener was en niet de plaatsing van de ballon of iets anders.



Figuur 4: De ballonwagen

- Een groepje kleuters wordt gevraagd om een zo hoog mogelijke toren te bouwen. Tijdens het exploratiemoment ziet de leerkracht dat de toren steeds maar omvalt. De leerkracht vraagt vervolgens hoe de kinderen hun toren steviger

kunnen maken. Sommigen zullen zeggen dat er meer blokken in moeten. De leerkracht kan hier verder op ingaan en vragen waar die blokken dan moeten zitten. Sommige kleuters zullen aangeven dat er meer blokken onderaan moeten (breder bouwen onderaan en smaller bovenaan). De leerkracht kan de kinderen aanmoedigen om dat te testen. Het testen is opnieuw controleren. Men vergelijkt de eerste situatie (met minder blokken) met de tweede situatie (met meer blokken), enkel de vorm van de constructie wordt gewijzigd. Een grotere stabiliteit kan dan worden toegeschreven aan de veranderingen die werden aangebracht.

- Kleuters worden aangemoedigd om het zwemgedrag van een vis goed te observeren. De leerkracht kan vragen om eerst te kijken hoe snel hij zwemt, dan hoe onregelmatig, hoe schichtig hij is enz. Het systematische zit dan in het focussen op één variabele in het gedrag van de vis. De leerkracht zou ook de kinderen kunnen vrij laten observeren en dan nadien in een rooster specifieke kenmerken van de vis en zijn gedrag laten aankruisen (of ze al dan niet aanwezig zijn).

Iets systematisch onderzoeken sluit vaak aan bij het systematisch controleren van variabelen of *the control of variables strategy* (Chen & Klahr, 1999). Het is een strategie die kennis oplevert omdat men gaat kijken wat het effect is van één specifieke eigenschap (de onafhankelijke variabele; in het eerste voorbeeld is dit de stand van het wiel) op een afhankelijke variabele (de rijrichting van het wagentje). Alle andere variabelen worden onder controle gehouden (hier: soort ballon, plaatsing van de ballon, soort ondergrond enz.). De systematiek zit dus in het gecontroleerd variëren en men spreekt in dat verband ook van een fair-test of een eerlijke test.

Systematisch onderzoek binnen STEM zien we meestal breder dan enkel het controleren van variabelen. Gebruik maken van een *methode*, een gecontroleerd systeem (geen trial-and-error) kan reeds voldoende zijn om te spreken van systematisch onderzoek binnen deze didactiek.

Voorbeeld

- Een aantal leerlingen uit één enkele klas neemt een interview bij elkaar af om na te gaan hoeveel tijd ze spenderen aan televisiekijken. Het systematisch onderzoek zit o.a. in het feit dat iedereen dezelfde vragen stelt.

Bronnen van onderzoek kunnen heel divers zijn. Het kan gaan over een test of een proef zoals bij de blokkentoren en bij de ballonwagen, het kan gaan over een observatie zoals bij de aquariumobservatie, maar het kan ook gaan over teksten die men bestudeert, geluidsfragmenten die men beluistert, of interviews die men afneemt. Elk van deze bronnen kan men onderwerpen aan een vorm van controle en systematiek. Het is net door deze controle en systematiek, dat resultaten bekentenis krijgen en kunnen worden geanalyseerd of geïnterpreteerd.

Uiteindelijk is daardoor evalueren mogelijk. Het gaat dan over het formuleren van conclusies en het terugkoppelen naar de onderzoeksvraag op basis van onderzoek.

Voorbeeld

- Een groep kleuters bouwt een tent met dozen en stokken. Ze onderzochten reeds onder begeleiding van de leerkracht wanneer een tent stevig staat. Nu gaan ze na hoe ze de tent waterdicht kunnen maken. Er wordt getest met stukjes stof, met papier, met karton, een waterdichte jas en plastic. De waterdichte jas en plastic slagen voor de test, de andere materialen worden als ongeschikt bevonden. Aan de kleuters wordt gevraagd wat ze nu kunnen besluiten: "Kan je een tent waterdicht maken?" "Is dit wat we hebben voorspeld?" "Had je dit gedacht?"



Dit alles moet niet noodzakelijk in een rechtlijnige beweging gebeuren (verzamelen → analyseren/interpreteren → evalueren). Evaluatie kan leiden tot herinterpreteren of tot opnieuw verzamelen omdat er iets ontbrak of omdat het onderzoek onbetrouwbaar was.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van mogelijke activiteiten binnen de pijler systematisch onderzoek, welke bronnen voorhanden zijn en wat men kan doen.

3.1.4 Pijler 4: Reflectie en Interactie

De vierde pijler benadrukt het belang van dialoog en overleg: met andere woorden een sociaal-cognitieve factor. Hoe kan men leerlingen aanzetten tot interactie waarbij ideeën, verwachtingen en bevindingen worden geuit en gehoord? Leerkrachten kunnen streven naar interactie, door leerlingen aan te zetten tot samenwerken en onderling overleg. Vragen die leerlingen aanzetten tot overleg zijn: “wat denken jullie”, “waarom denken jullie dat”, “wat denken de anderen?”, “wat weten we nu allemaal?”, “waarom zouden de anderen dit denken?”, “hoe kunnen we het probleem samenvatten”, “wat kunnen we veralgemenen” enz. Doordat kinderen gedachten onder woorden trachten te brengen, wordt men meer bewust van het eigen denken en handelen (en van anderen). In het verlengde hiervan liggen de meer metacognitieve vaardigheden: het op mentaal vlak een stap naar achteren zetten en het geheel overschouwen. Het is het reflecteren op het eigen handelen en het eigen denkproces (en van anderen). Leerkrachten kunnen dit metacognitief proces stimuleren door vragen te stellen, door na te gaan wat leerlingen denken en doen en of ze dit begrijpen (Dejonckheere, Van de Keere, Tallir, & Vervaeke, 2013). (Zelf)reflectie zit eigenlijk doorheen de gehele activiteit maar kan ook expliciet door middel van een terugblikgesprek gebeuren. Dit kan individueel, maar reflectie in groep is een meerwaarde. De huidige STEM-didactiek gaat er van uit dat het net de *gedeelde* ideeën en ervaringen zijn die garant kunnen staan voor het opbouwen van een onderzoeksproces, een ontwerpproces en de STEM-leerinhouden. Het is zonder twijfel zo dat reflectie deel uitmaakt van een didactiek die probleemoplossende vaardigheden voorop stelt.

Voorbeelden

- Twee groepen kleuters hebben een brug gebouwd tussen twee banken en dit met repen gevouwen papier. De ene groep heeft ontdekt dat de manier hoe het papier wordt gevouwen bepaalt of de oversteek voor autootjes sterk genoeg is. De andere groep is zover nog niet maar het zien van de constructie van de anderen brengt hen op gedachten om het anders aan te pakken.
- Twee leerlingen hebben een ei stevig ingepakt in kartonnen stukken, proppen papier en alles met plakband vastgemaakt. Vervolgens gooien ze het ding vanop de eerste verdieping naar beneden. Wanneer ze nadien het pak openmaken, zien ze dat het ei toch is gebroken. De kinderen overleggen en proberen te achterhalen wat ze verkeerd hebben gedaan.

Denken over denken opent de mogelijkheid om kritisch na te denken. Het vraagt analyse, synthese en evaluatie van informatie die wordt verzameld door observatie, redeneren en opzoekingswerk (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013). Reflecteren kan ook vakoverschrijdend gaan, waarbij men zich afvraagt welke gevolgen uitvindingen bijvoorbeeld hebben voor de economie, de gezondheid en de maatschappelijke vooruitgang. Het stimuleren van kritisch reflecteren kan op langere termijn uitmonden in een kritische houding. Men kan er van uitgaan dat hoe jonger het kind is, hoe moeilijker reflecteren is. Vragen die reflectie stimuleren zijn onder andere: “is dit resultaat nuttig voor de mens?” “hoe geloofwaardig is jullie resultaat”, “zijn er ongewenste gevolgen?” “wat betekent dit resultaat voor ...”, “waarom doen we dit niet anders?” enz.



Tabel 2: Overzicht van mogelijke activiteiten binnen de pijler systematisch onderzoek, wat men kan doen en op basis van welke bronnen.

Activiteiten binnen Systematisch onderzoek	Wat zijn mogelijke bronnen?	Wat kan je doen?
Verzamelen	Wat verzamel je? <ul style="list-style-type: none"> • Teksten en documentatie • Geluidsfragmenten • Videobeelden • Interviews • Vragenlijsten • Schema's • Uitspraken • Toetsen • Dagboekfragmenten • Testresultaten • Observatiegegevens • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestuderen • Observeren • Bevragen • Noteren • Beluisteren • ...
Analyseren	Wat ga je analyseren? <ul style="list-style-type: none"> • Scores • Resultaten • Antwoorden • Voorkeuren • Hoeveelheden en aantallen • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschrijven • Berekenen • Vergelijken • Categoriseren • Coderen • Illustreren • Tellen (turven) • Schalen • Ordenen • ...
Interpreteren	Wat ga je interpreteren? <ul style="list-style-type: none"> • Patronen • Tendensen • Overeenkomsten en verschillen • Verhoudingen • Veranderingen • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Verklaren • Begrijpen • ...
Evalueren	Wat evalueer je? <ul style="list-style-type: none"> • (Eind)resultaat • Denkproces • Systeem • Methode • Werkwijze • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Terugkoppelen • Bekritisieren • Veralgemenen • Relativeren • Aanbevelen • ...

3.2 Kerncomponenten

De kerncomponenten in het PK-model (zie Figuur 1), slaan in tegenstelling tot de pijlers, op wat kinderen en leerlingen doen. Waar de leerkracht de pijlers gebruikt om zijn didactiek in de klas vorm te geven, zijn kerncomponenten

uitingen van competenties en gedrag. Kerncomponenten bieden eveneens een houvast om STEM-gedrag bij kinderen en leerlingen te interpreteren, te stimuleren en indien nodig te evalueren. De kerncomponenten zijn verwant aan wat men over het algemeen kan vinden in een klassieke

onderzoekscyclus. In tegenstelling tot deze onderzoekscyclus vormen de kerncomponenten geen aaneengesloten ketting die men volgt.

Voor de huidige didactiek onderscheiden we 11 kerncomponenten die los van elkaar, door elkaar, naast elkaar kunnen voorkomen. Voor elke STEM-activiteit kan men zich afvragen op welke manier en onder welke vorm zich een kerncomponent manifesteert. Ook kan men bij het voorbereiden van STEM-activiteiten, zich afvragen welke kerncomponenten meer of minder van belang zijn. Kerncomponenten en pijlers vormen samen de didactiek van onderzoekend leren. Pijlers vormen de didactische fundamenteen waarbinnen de kerncomponenten zich kunnen ontwikkelen.

3.2.1 *Verwonderen*

Deze kerncomponent kan gemakkelijk worden geobserveerd. Het kind toont interesse voor bijvoorbeeld een demonstratie, een proefopstelling, een fenomeen, een manipulatie, een tekening of een ontwerp. De verwondering wordt optimaal geprikkeld wanneer de leerkracht een betekenisvolle context gebruikt op het niveau van het kind en het toont reeds aan in welke mate een kind betrokken is. Wanneer men kinderen observeert in de klas en men wil informatie inwinnen over de mate van verwondering dan kan men op het volgende letten: waar hebben kinderen aandacht voor? waar kijken ze naar? waar kijken ze langer naar? waar zijn ze in geïnteresseerd?, waarover stellen kinderen vragen?, welke vragen stellen kinderen?

Voorbeelden

- waarom staat dit hier?
- wat gaan we doen?
- wat is dit?
- waarom maakt dit zo'n geluid?

3.2.2 *Vragen stellen en oriënteren*

De kerncomponent vragen stellen en oriënteren bouwt verder op de verwondering die het kind eerder uitte. Over het algemeen stellen kinderen vragen 1) die verwijzen naar verduidelijking (bv “wat bedoel je met...”), 2) die een voorspelling bevatten (bv “wat gebeurt er indien ...”), 3) die wijzen op tegenstrijdigheden (bv “hoe komt het dat... terwijl...”), 4) die verwijzen naar een toepassing (bv “waar kunnen we dit gebruiken”) of 5) die verwijzen naar een aanpak (bv “wat moet ik nu doen?”) (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013). Dit soort vragen zijn nog geen onderzoeksvragen omdat de vragen gericht zijn op een

aanpak of omdat ze te open zijn (bv “waarom hebben sommige dieren een pels?”, “waarom is de lucht blauw?”). Het is de taak van de leerkracht om vragen van kinderen om te zetten naar toetsbare of onderzoekbare vragen (bv: is een pels met lang haar warmer dan een pels met kort haar?). Gerichte onderzoeksvragen zullen het kind beter kunnen oriënteren op de probleemstelling, op wat moet worden onderzocht, ontworpen of uitgevoerd. Kinderen kunnen ook vragen stellen tijdens of na exploratie met materiaal. De (oudere) leerling kan reeds aangeven wat hij wil weten of wat zijn ontwerp moet kunnen vanuit specifieke of algemene verwachtingen: hij vermeldt wanneer hij tevreden is met zijn antwoord of aan welke eisen zijn ontwerp moet voldoen.

Gedachte-experimenten zijn soms te observeren, vooral bij kleuters. Wat kleuters zeggen is meestal ook wat zij denken, wat de observatie van gedachte-experimenten transparanter maakt. Bij oudere kinderen worden de gedachten minder snel geuit waardoor ze minder goed observeerbaar zijn. De leerkracht kan door middel van het stellen van vragen trachten te achterhalen wat het kind denkt. Kinderen kunnen zeker nadenken over wat-als vragen, ze kunnen vergelijkingen met eigen ervaringen maken en proberen verklarende verbanden te leggen.

3.2.3 *Plannen*

Plannen kan men observeren wanneer het kind aangeeft wat hij van plan is te doen en welke stappen daar voor nodig zijn. Hij bedenkt wat hij moet doen, wat hij nodig heeft om de onderzoeksvraag te beantwoorden of om het ontwerp vorm te geven. Verschillende mogelijkheden worden afgewogen. Er wordt een oplossingsmethode geselecteerd, bijvoorbeeld onder de vorm van een ontwerpschets, een onderzoeksoptelling of via opzoekwerk. Oudere kinderen zijn reeds meer in staat om eerlijk onderzoek te doen en kiezen gemakkelijker voor een realistische manier om te meten, om eerdere resultaten met elkaar te kunnen vergelijken, enz. Hoe jonger het kind, hoe minder het zal geneigd zijn om te plannen. Bij kleuters komt het bedenken van een oplossingsmethode meer naar voor tijdens het doen zelf.

3.2.4 *Voorspellen*

Het observeren van voorspellingen van kinderen kan veel informatie over de voorkennis van het kind opleveren. De meest eenvoudige vorm van voorspellen is anticiperen. Dit kan men reeds zien bij kinderen van enkele maanden oud wanneer het kind het handje klaar houdt op een plaats waar

een speeltje zal voorbijkomen. Ook je goed positioneren om een bal op te vangen is anticiperen op de uitkomst van de actie. Dergelijke gedragingen zijn gemakkelijk te observeren omdat ze een sensorimotorisch karakter hebben en vaak spontaan zijn. Het (bewust) anticiperen op mentaal niveau, het voorspellen, is moeilijker vast te stellen en vereist dat kinderen een mentaal model bouwen van een gebeurtenis. Meestal moet een leerkracht vragen naar wat kinderen denken te verwachten. Bijvoorbeeld “ik denk dat er meer water zal stromen wanneer de opening in het potje groter wordt gemaakt” of “ik verwacht dat het getal groter wordt wanneer ik het vermenigvuldig met een getal kleiner dan 1”.

Voorspellend gedrag kan verwijzen naar een idee, een principe, een gedachte-experiment, maar het kan ook verwijzen naar het feit of een constructie zal werken of dat een ontwerp goed zal zijn. Dit kan men vaak zien wanneer het kind met techniek aan de slag is. Bijvoorbeeld: “ik probeer grotere wielen aan dit wagentje te maken omdat ik denk dat het daardoor sneller zal kunnen rijden”. Welk voorspellend gedrag het ook is, het verwijst naar de mogelijkheid van het kind om een mentaal model op te bouwen, op te roepen of te gebruiken in zijn denken. Wanneer het resultaat van een proef niet overeenstemt met wat men verwacht, dan zullen kinderen vaak denken dat de proef niet goed werd uitgevoerd of men schrijft het resultaat toe aan andere factoren. Men noemt dit ook wel de *confirmation bias* (Klayman & Ha, 1987).

Creativiteit kan hier naar boven komen, vooral wanneer kinderen worden gestimuleerd in het vinden van innovatieve oplossingen. Creativiteit is gemakkelijk te observeren in een techniek-activiteit maar ook binnen wiskunde en wetenschap is openstaan voor alternatieve benaderingen van belang (Van Houtte, Merckx, & De Bruyker, 2013).

3.2.5 Ruimer kijken

In welke mate kijken kinderen verder dan de STEM-activiteit op zich? Leggen de kinderen spontaan het verband met andere onderzoeks- of leergebieden? Soms ontstaat er herkenning tijdens of na een activiteit en dan is er snel transfer.

Voorbeeld

- Een groepje kleuters maakt een gieter om plantjes water te kunnen geven. Ze stellen vast dat kleine potjes met een grote gietopening onpraktisch zijn en veel aanleiding geven tot morsen. Een kleuter

merkt op dat hij dat probleem ook heeft met het gieten van drankjes.

Het is eigenlijk het herkennen van analogieën: hier is het zo, en daar is het ook zo, of nu is het zo, en toen was het zo. Hoe abstracter de analogie is of hoe abstracter het idee waarvoor een analogie moet worden gezocht, hoe meer moeilijkheden een kind zal ervaren om dit te doen.

Voorbeeld

- Uit een onderzoekje stelde een groep kinderen vast dat ijs drijft. Een kind merkt op dat dit waarschijnlijk ook de reden is waarom een ijsberg drijft. Ze ontdekken dat water uitzet als het bevriest en dat het gewicht gelijk blijft. Het begrip dichtheid komt samen met de leerkracht ter sprake. Een kind vraagt of dit ook de reden is dat een luchtballon kan vliegen.

Echter in de meeste gevallen gaan kinderen niet spontaan ruimer gaan kijken en concepten en bevindingen in andere contexten plaatsen. De regel geldt, dat hoe jonger het kind is, hoe meer de leerkracht ruimer kijken zelf moet aangeven door vragen te stellen, door een demonstratie of door het geven van suggesties.

3.2.6 Uitvoeren en verzamelen van gegevens

Hier gaat het over het verzamelen van gegevens die noodzakelijk zijn om een onderzoeksvraag op te lossen. Data-verzameling kan verwijzen naar goed kijken, luisteren, noteren, aanvinken of aflezen (van meetschalen bv). Mogelijk voert het kind meerdere metingen uit om een meer betrouwbaar resultaat te bekomen. Resultaten kunnen vastgelegd worden door te schrijven, door te tekenen, te schetsen, door ze te onthouden, enz. Ook wanneer een ontwerp wordt getest, observeert men wat er gebeurt en stelt men het ontwerp bij, indien nodig.

3.2.7 Analyseren en interpreteren

Waarnemingen worden beschreven, dit zijn de gegevens uit het proces. De leerling kan een overzicht maken van de gegevens, zodat deze georganiseerd en gestructureerd kunnen worden. Dit kan in tekeningen, grafieken, tabellen, enz. Sommige leerlingen beschrijven louter hun waarnemingen, anderen duiden op het voorkomen van patronen of sequenties. Op basis van de beschrijvingen worden eerste verbanden gelegd en verklaringen geformuleerd. Hij maakt daarbij gebruik van eerdere ervaringen en kennis, bijvoorbeeld om te achterhalen

waarom het uitgevoerde ontwerp niet goed werkt. Deze verklaringen kunnen juist, gedeeltelijk juist of fout zijn. Leerlingen kunnen hierbij ook analyses en interpretaties overnemen van anderen.

Leerlingen die betrokken zijn op het vlak van analyseren en interpreteren, geven blijk van actief denken en al dan niet van logisch redeneren. Sommige leerlingen zijn reeds meer bewust van mogelijke strategieën om problemen op te lossen, anderen minder of niet. Voor de leeftijd van 9 jaar is dit sowieso moeilijk.

Ook het maken van voorstellingen die de cognitieve belasting verminderen, doen kinderen weinig spontaan. Leerkrachten moeten daarom aandacht hebben voor de creatieve vaardigheden van kinderen om mentale voorstellingen op te bouwen (bv rekenverhalen, tekeningen, enz).

3.2.8 Concluderen en antwoorden geven

Hier geeft het kind betekenis aan de observaties die het deed en trekt conclusies. Het betreft het leggen van een verbinding tussen de data en de onderzoeksvraag. Soms worden twee toestanden vergeleken met elkaar om te achterhalen wat beter is. Dit ziet men vooral bij het maken van een ontwerp. Een kind bouwt een redenering op aan de hand van resultaten door verbanden te leggen, vergelijkingen te maken met de opgestelde eisen voor het ontwerp, door gelijkenissen en verschillen aan te geven met de uitkomsten van andere kinderen, enz.

3.2.9 Reflecteren

Het eigen denken en doen aanschouwen is een metacognitieve vaardigheid: het is een stap achteruit zetten en kijken naar zichzelf. Hoe jonger het kind, hoe minder de metacognitieve vaardigheden ontwikkeld zijn en hoe meer begeleiding nodig is. Bij jonge kinderen zal een leerkracht het gehele metacognitieve proces in handen nemen (nu gaan we dit doen, nu kijken we naar dit, neem nu dat, enz). (Jonge) kinderen hebben inderdaad nood aan een gestructureerde aanpak. Maar toch kan men aandacht bieden aan de manier waarop leerlingen te werk gaan. Sommige leerlingen kunnen zich realiseren dat de werkwijze betrouwbaar moet zijn (bv het is belangrijk dat er correct moet worden gemeten). Andere leerlingen kunnen aangeven waarom het proces anders verliep dan verwacht of ze kunnen aangeven welke beperkingen de gekozen oplossingsmethode heeft. Leerlingen kunnen ook de eigen mening in vraag stellen. Dergelijke uitingen geven blijk van een reflectief vermogen.

3.2.10 Rapporteren en Presenteren

Kiezen de leerlingen een geschikte manier om de uitkomsten van hun onderzoek of ontwerpproces uit te wisselen met anderen? Kunnen ze observaties, metingen, enz. samenvattend noteren of tekenen, of deze verbaal meedelen, eventueel ondersteund door een demonstratie, een tekening, een grafiek of een tabel? Soms kan men ook observeren hoe een leerling de resultaten verantwoordt door aan anderen uit te leggen hoe ze werden verkregen. Het is van belang aandacht te hebben voor de reacties van leerlingen tijdens rapporteren en presenteren: staan ze open voor reacties, aanvullingen en verbeteringen van anderen?

3.2.11 Samenwerken

Samenwerken betekent enerzijds samen leren en overleggen, anderzijds verwijst het naar het vragen van hulp aan anderen. Men zou kunnen stellen dat een 'common mind' superieur is aan 'the single best mind' (Altun, 2014). Samen leren ontstaat door interactie en door samen te werken aan een gemeenschappelijk doel. Samenwerken kan de probleemoplossende vaardigheden van het kind optillen tot een hoger niveau (Vygotsky, 1978). Samenwerken geeft kinderen meer kansen om succesvol te zijn vergeleken met een traditionele leerkracht-leerling interactie waar het eindproduct de maatstaf is. Het ontwikkelen van zelfvertrouwen en zelf-efficiëntie zijn gevolgen van een goede samenwerking binnen een STEM-activiteit.

4 Kerncomponenten als formatieve evaluatie

Kerncomponenten verwijzen naar gedrag en competenties die ontstaan uit de dynamiek van de pijlerdidactiek. Op die manier zijn kerncomponenten een houvast voor de leerkracht om het kind of de leerling te kunnen begeleiden en te ondersteunen. De kerncomponenten zijn immers dát gedrag, dié competenties die tastbaar zijn en die kunnen worden uitgedrukt in concrete gedragsindicatoren. Deze gedragingen kan een onderwijsverstrekker of een leerkracht gebruiken om formatief te evalueren. Dit is evalueren met als doel het leerproces *tijdens* de activiteit te verbeteren. Op die manier krijgen leerlingen meer kansen om gericht STEM-competenties te ontwikkelen. Bijvoorbeeld, een leerkracht kan door het in vraag stellen van het handelingsproces of door een groep/leerling te wijzen op de beperkingen van een oplossingsmethode, het reflecteren stimuleren. Eveneens, leerkrachten kunnen leerlingen stimuleren om anderen te helpen, om feedback te

aanvaarden, om rollen uit te proberen, enz. met als doel de competentie samenwerken te versterken en te ontwikkelen. Door op die manier te ondersteunen, wordt het kind of de leerling meer bewust gemaakt van de gedragingen die van belang zijn in het proces van onderzoekend leren.

In Tabel 3 worden de kerncomponenten uit het PK-model weergegeven met daarbij een aantal gedragsindicatoren die in principe observeerbaar zijn. Er worden ook suggesties

gegeven over de leeftijd waarop men ze kan zien en wanneer stimulatie over het algemeen zinvol is.

De lijst van opgesomde gedragsindicatoren is onvolledig. In de praktijk doen niet alle gedragingen zich voor (niet alles wat een kind denkt is in het gedrag waarneembaar) en het is daarnaast mogelijk dat kinderen gedrag stellen die niet in de lijst van de gedragsindicatoren zijn opgenomen maar die wel een uiting kunnen zijn van een bepaalde competentie.

Tabel 3: overzicht van kerncomponenten met bijhorende gedragsindicatoren

Kerncomponenten	Minimale leeftijd (1= 3-5 jaar; 2= 6-8 jaar; 3= 9-12 jaar)	Gedragsindicatoren (hoe kan je het zien?)	Gebeurt dit zelden? met hulp? of zelfstandig?
1 Verwonderen	1	Kijkt aandachtig	
	1	Luistert aandachtig	
	1	Stelt vragen	
2 Vragen stellen & Oriënteren	2	Stelt onderzoeksgesichte vragen	
	2	Beschrijft een probleem	
	1	Exploreert, probeert uit, verkent	
	3	Verfijnt een onderzoeksvraag	
	1	Stelt bijkomende vragen	
	1	Doet voorstellen tijdens een brainstorm	
3 Voorspellen	1	Doet voorspellingen i.f.v. de onderzoeksvraag (ik denk dat ...)	
	3	Formuleert hypothesen	
	2	Voorspelt causale verbanden onder de vorm van als-dan-relaties	
4 Plannen	1	Doet suggesties over hoe iets moet worden aangepakt	
	1	Doet suggesties over welke materialen nodig zijn	
	3	Maakt een planning	
	2	Neemt beslissingen in verband met de leeractiviteit	
	3	Stelt een uitvoeringsplan op	
	3	Gebruikt een stappenplan (als leidraad)	
	1	Maakt een tekening van een ontwerp	
5 Uitvoeren en verzamelen van gegevens	1	Observeert	
	3	Leest een instrument af	
	2	Telt/turft	
	2	Leest	
	1	Beluistert	
	3	Bekijkt videobeelden	
	3	Interviewt	
	3	Fotografeert	
	2	Noteert	
	1	Bouwt en monteert	
	3	Programmeert	
6 Analyseren en interpreteren	1	Beschrijft een resultaat of gebeurtenis (kwalitatief)	
	3	Structureert gegevens d.m.v. tabellen, grafieken of figuren	

	2	Berekent of telt	
	1	Vergelijkt	
	1	Herkent verschillen	
	1	Categoriseert, sorteert of ordent	
	2	Onderscheidt oorzaken en gevolgen van elkaar	
	3	Gebruikt beeldspraak om iets beter te vatten of te begrijpen	
	3	Gebruikt analogieën om iets beter te vatten of begrijpen	
	3	Illustreert	
	3	Selecteert of splitst informatie op	
	1	Geeft verklaringen	
7 Concluderen en antwoorden geven	1	Beantwoordt een onderzoeksvraag, geheel of gedeeltelijk	
	1	Geeft verklaringen in functie van de onderzoeksvraag	
	2	Geeft de relevantie van het resultaat aan	
	2	Geeft beperkingen van het onderzoek aan	
	2	Geeft aan welke informatie nodig is om de onderzoeksvraag verder op te lossen	
8 Ruimer kijken	3	Verzint analogieën om een verband te duiden	
	3	Plaatst onderzoeksresultaten in een andere context	
	3	Herkent onderzoeksresultaten in een andere context	
	3	Ziet verbanden tussen ander onderzoek en eigen onderzoeksresultaten	
9 Reflecteren	3	Stelt betrouwbaarheid in vraag	
	2	Stelt de eigen aanpak in vraag	
	2	Stelt de aanpak van anderen in vraag	
	3	Stelt het praktische in vraag	
	3	Stelt het ethische aspect in vraag	
	3	Stelt kennis in vraag	
	3	Stelt bewijzen in vraag	
	3	Stelt een proces in vraag	
	2	Wijst op de beperkingen van een oplossingsmethode	
	3	Vraagt of iets verband houdt met een bevinding	
	3	Reflecteert op eigen voorkomen en overtuigingskracht	
	2	Geeft aan hoe men tot een conclusie is gekomen	
	2	Vraagt of iets juist is	
	2	Vraagt of iets goed werd uitgevoerd	
10 Rapporteren en Presenteren	1	Deelt mondeling resultaten mee aan anderen	
	2	Deelt schriftelijk resultaten mee aan anderen	
	2	Geeft suggesties	
	2	Geeft een eigen mening	
	3	Bouwt een argumentatie op	
11 Samenwerken	1	Staat open voor suggesties van anderen en luistert	
	2	Anderen overtuigen	
	1	Toont begrip voor meningen van anderen	
	2	Probeert rollen uit	
	2	Aanvaardt feedback	
	2	Houdt rekening met de groep	
	2	Helpt anderen	

5 Conclusie

Er is zonder twijfel een nood aan STEM binnen het educatieve en economische landschap. Dat bewijzen althans de vele initiatieven die her en der worden genomen. Het implementeren van STEM gaat in tegen de problemen waar het huidige wetenschaps- en techniekonderwijs tegen aankijken, namelijk een verzwakking van interesse bij kinderen en leerlingen en het ontwikkelen van splintervaardigheden en onsamenhangende kennis. Een gegeven is, dat binnen de basisschool, de impact van STEM vaak wordt onderschat of dat STEM wordt gezien als iets dat bovenop het bestaande programma komt.

Het departement Onderwijs & Vorming van de Vlaamse overheid publiceerde een STEM-kader (Vlaamse Overheid, 2015) voor het Vlaamse onderwijs waarin een basis wordt geschetst voor de STEM-praktijk, waarbinnen de STEM-noodzaak wordt benadrukt en die aangeeft dat STEM om een *andere* aanpak gaat. Het Vlaamse STEM-kader heeft als doel een raamwerk te zijn voor iedereen die met STEM wil werken, STEM wil ondersteunen of door STEM geïnspireerd wil worden.

Echter, een concrete didactiek biedt het STEM-kader niet. Nochtans hebben leerkrachten en onderwijsverstrekkers concrete richtlijnen nodig om STEM te kunnen integreren in hun klaspraktijk. In het huidige artikel werd daaraan tegemoet gekomen door middel van het PK-model. Het PK-model demonstreert een aantal relevante didactische principes die kunnen worden ingezet om STEM te begrijpen, te integreren en te observeren binnen de concrete klaswerking van het kleuter- en het lager onderwijs. Het model situeert zich op twee niveaus. Ten eerste op het niveau van de leerkracht en de onderwijsverstrekker onder de vorm van pijlers, het zijn de *voorwaarden* om een STEM-activiteit vorm te geven. Ten tweede op het niveau van de leerling en het kind, en dit onder de vorm van kerncomponenten. Kerncomponenten verwijzen naar competenties en observeerbaar gedrag die ontstaan uit de dynamiek van de pijlers. Het gaat om gedrag dat ontstaat vanuit de pijlerstructuur die de leerkracht heeft gecreëerd in zijn klas, binnen een activiteit of doorheen een project op school. Kerncomponenten zijn een belangrijk aspect binnen de didactiek van onderzoekend leren omdat ze de basis

vormen voor formatieve evaluatie van individuele leerlingen of groepen van leerlingen.

Binnen het huidige PK-model is het duidelijk dat STEM zich niet enkel kan focussen op wetenschappen alleen. De focus dient te liggen op het *proces* van onderzoekend leren, het probleemoplossend gedrag en het *evidence-based* redeneren. Om dit te realiseren kunnen wetenschappelijke concepten aan de orde komen, kunnen wetenschappelijke methodes worden gebruikt om de betrouwbaarheid¹ en de validiteit² van het onderzoek te verhogen, kan techniek worden ingezet, kan innovatie worden nagestreefd en kunnen wiskundige technieken en concepten worden toegepast. Geïntegreerd STEM-onderwijs is met andere woorden een poging om de verschillende STEM-onderdelen te combineren tot één zinvol geheel (Stohlman et al). Deze multidisciplinaire aanpak sluit dan beter aan bij de manier waarop men in het echte leven problemen aanpakt (Roehrig, Moore, Wang, & Park, 2012).

Onderzoekend leren is niet nieuw. Reeds eerder benadrukte men het belang van leren uit ervaring (Dewey, 1986). Als leerkracht is het hierbij de bedoeling om kinderen en leerlingen te helpen in het begeleiden van het leerproces. Betrokkenheid is echter een voorwaarde. Zeker als de onderzoeksvragen aansluiten bij de leefwereld van de leerlingen of wanneer de onderzoeksvragen uit de leerlingen zelf komen is de motivatie om te leren beter gegarandeerd. De mate waarin men als leerkracht succesvol is binnen een STEM-didactiek is echter ook voor de leerkracht een leerproces. Vragen van leerlingen vertalen naar onderzoeksvragen, vergt oefening. Kunnen aanvaarden dat men ook als leerkracht leert en dat men niet weet wat het eindresultaat van een activiteit is of moet zijn, vraagt aanpassing. Vaak is het vinden van een geschikte en betekenisvolle context (pijler 1) reeds een eerste hinderpaal. Ook dit vergt enige ervaring.

STEM hoeft zich echter niet steeds af te spelen binnen de 4 muren van het klaslokaal. De didactiek van onderzoekend leren laat eveneens toe om STEM te realiseren in een natuurlijke en dynamische omgeving: tuinen, bossen, planten en dieren kunnen elk apart of samen op een spontane wijze onderzoeksvragen aanleveren en het onderwerp vormen voor een 'outdoor school' waar spel en

¹ Betrouwbaar meten is juist meten, meten met zo min mogelijk fouten.

² Een hoge validiteit betekent dat je datgene meet wat je beoogt te meten. Wanneer een wiskundig vraagstuk wordt opgesteld in

moeilijke taal, dan meet men meer het begrijpend lezen dan wel het probleemoplossend vermogen van het kind. Dit wijst op een lage validiteit.

creativiteit een positief effect uitoefenen op de ontwikkeling van het kind. Bovendien is het zo dat motoriek en fysieke activiteit het leren kunnen ondersteunen. Ten eerste omdat bewegen de gezondheid bevordert en dus ook concentratie en aandacht maar ook omdat actie informatie oplevert over bijvoorbeeld de functie van voorwerpen en wat je er mee kan doen (Gibson, 1979). Naast de 'outdoor school' kan 'engineering' als uitgangspunt vaak ook contextverrijkend zijn: het ontwerpen van een proces of een product. Op zich een realiteit waar probleemoplossende vaardigheden aan te pas kunnen komen en waar communicatie en teamwork vaak noodzakelijk zijn (Roehrig, Moore, Wang, & Park, 2012).

Niettegenstaande in het huidige artikel een STEM-didactiek werd uitgezet met een generiek karakter is STEM op school over het algemeen maatwerk. Elke school heeft zijn eigenheid, zijn eigen beginsituatie en zijn eigen context. De ene school 'zit' ook reeds verder op het vlak van STEM dan de andere school en vraagt daarom een specifieke aanpak. Het PK-model is een model in ontwikkeling. Naarmate meer inzichten ontstaan in de toepassing van STEM in de praktijk door middel van didactische principes, zal het model worden uitgebreid en verfijnd. Zo kan het PK-model, als didactiek van onderzoekend leren, worden aangepast om leerkracht-kind interacties in specifieke taakcontexten te ondersteunen met als bedoeling het probleemoplossende proces verder te optimaliseren.

6 Referenties

- Altun, S. (2014). The effect of cooperative learning on students' achievement and views on the science and technology course. *International Electronic Journal of Elementary Education* 7(3), 451.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary journal of problem-based learning*, (6)2, 85-125.
- Berry, B., Johnson, D., & Montgomery, D. (2005). The power of teacher leadership. *Educational Leadership*, 62(5), 56.
- Bianchi, I., & Savardi, U. (2014). Grounding naive physics and optics in perception. *The balric international yearbook of cognition, logic and communication*, 9, 1-15.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Cichon, D., & Ellis, J. G. (2003). The effects of Math connections on student achievement, confidence, and perception. In S. L. Senk, & D. R. Thompson, *Standards-based school mathematics curricula: what are they? what do students learn?* (pp. 345-374). Mahwah, J.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dalton, B., Morocco, C. C., Tivnan, T., & Mead, P. L. (1997). Supported inquiry science: teaching for conceptual change in urban and suburban science classrooms. *Journal of learning disabilities*, 30(6), 670-684.
- Dejonckheere, P. J., Van de Keere, K., Tallir, I., & Vervaet, S. (2013). Primary school science: implementation of domain-general strategies into teaching didactics. *The Australian Educational Researcher*, 40(5), 583-614.
- Dewey, J. (1986). Experience and education. In *The Educational Forum* (Vol. 50, No. 3) (pp. 241-252). Taylor and Francis Group.
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International journal of stem education*, 1-18.
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should Science be Taught in Early Childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.
- European Commission. (2012). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research* (Eurydice). Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Grade 5 Science-Physical Science 2. (2016). Opgehaald van <http://mslionelslearningcorner.wikispaces.com/grade%205%20science-physical%20science%20>
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: ASE.
- Klayman, J., & Ha, Y. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, 94(2), 211-228.

- Lester, B. T., Ma, L., Lee, O., & Lambert, J. (2006). Social Activism in Elementary Science Education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International journal of science education*, 315-339.
- McCleery, J. A., & Tindal, G. A. (1999). Teaching the Scientific Method to At-Risk Students and Students with Learning Disabilities Through Concept Anchoring and Explicit Instruction. *Remedial and special education*, 20(1), 7-18.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H., & Park, M. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School science and mathematics*, 112(1), 31-44.
- Sjoberg, S., & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project*. University of Oslo.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of pre-college engineering education research*, 28-34.
- Van Houtte, H., Merckx, B., & De Bruyker, M. (2013). *Zin in wetenschappen, wiskunde en techniek. Leerlingen motiveren voor STEM*. Leuven: Acco.
- Vlaamse Overheid. (2015, november 22). Opgehaald van STEM-kader: doelstellingen voor wetenschap en techniek: <http://onderwijs.vlaanderen.be/nl/stem-kader-doelstellingen-voor-wetenschap-en-techniek>
- Vosniadou, S., & Brewer, F. (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Vygotsky. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the development of children*, 23(3), 34-41.
- Walker, E. (2007). Rethinking professional development for elementary mathematics teachers. *Teacher Education Quarterly*, 113-134.
- Zemelman, S., Daniels, H., & Hyde, A. (2005). *Best practices: today's standards for teaching and learning in America's schools (3rd ed.)*. Portsmouth, NH: Heinemann.